

Міністерство освіти і науки України



ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ до самостійного вивчення дисципліни «Промислова електроніка»

(для студентів 3 курсу денної і 3 та 4 курсів заочної форм
навчання та слухачів другої вищої освіти спеціальності
6.050701 «Електротехніка та електротехнології»)

Харків ХНАМГ 2007

Методичні вказівки до самостійного вивчення дисципліни «Промислова електроніка» (для студентів 3 курсу денної і 3 та 4 курсів заочної форм навчання та слухачів другої вищої освіти спеціальності 6.050701 «Електротехніка та електротехнології») / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: Сосков А. Г., Колонтевський Ю. П., Рак Н. О. – Х.: ХНАМГ, 2007. – 33 с.

Укладачі: проф., д.т.н. А. Г. Сосков,
доц., к.т.н. Ю. П. Колонтаєвський,
ас. Н. О. Рак

Рецензент: проф., д.т.н. В. Б. Фінкельштейн

Рекомендовано кафедрою електротехніки,
протокол № 6 від 30.01.07 р.

ВСТУП

Дані методичні вказівки підготовлені на основі робочої програми дисципліни «Промислова електроніка». Вони призначені для студентів, які навчаються за напрямком «Електротехніка».

У зв'язку зі вступом України в Болонський процес та переходом на кредитно-модульну систему освіти роль самостійної роботи студентів суттєво зростає при вивченні конкретної дисципліни, бо обсяг її повинен складати 60 % від загального обсягу годин, що необхідні для засвоєння дисципліни.

Дисципліна «Промислова електроніка» при викладанні для студентів спеціальності «Світлотехніка та джерела світла» (СДС) складається з модуля 1 «Інформаційна електроніка» і модуля 2 «Енергетична електроніка». Ця ж дисципліна, що викладається для спеціальності «Електротехнічні системи електроспоживання» (ЕСЕ), містить тільки модуль 1.

РОЗДІЛ 1.

МЕТА І ЗАВДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ.

МІСЦЕ ДИСЦИПЛІНИ У НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ

1.1. МЕТА І ЗАВДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Метою вивчення дисципліни «Промислова електроніка» є формування знань з напівпровідникових приладів та пристроїв, їх інтегральних та корпусних виконань, методів їхнього розрахунку, способів технічної реалізації і застосування у системах керування різного призначення та статичних перетворювачах електричної енергії.

Завданням вивчення дисципліни є освоєння принципів будови типових електронних пристроїв інформаційної та енергетичної електроніки, методів їх розрахунку і областей застосування.

Кінцевим результатом вивчення дисципліни є: вироблення вміння оцінювати техніко-економічну ефективність застосування електронних пристроїв, визначати їхні параметри, кваліфіковано формулювати завдання на розробку електронної апаратури й оцінювати її сумісність з іншими пристроями; вироблення уяви про принципи дії та методи розрахунку типових електронних пристроїв інформаційної та енергетичної електроніки.

Предметом вивчення дисципліни є фізичні процеси у напівпровідникових електронних приладах, принципи роботи аналогових і цифрових електронних пристроїв і окремих їх вузлів з позиції застосування в силовій перетворювальній техніці, системах автоматики, пов'язаних з конкретною виробничою діяльністю майбутнього фахівця, а також принцип роботи й методи розрахунку типових пристроїв силової перетворювальної техніки.

1.2. МІСЦЕ ДИСЦИПЛІНИ В СТРУКТУРНО-ЛОГІЧНІЙ СХЕМІ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦЯ

Курс «Промислова електроніка» тісно зв'язаний з електротехнічними дисциплінами, що вивчаються в академії. Він базується на курсах вищої математики, фізики, теоретичних основ електротехніки, основ метрології та електричних вимірювань. У свою чергу, він є базисом для вивчення обчислювальної техніки, релейного захисту та автоматики, автоматизованого електропривода, електричних апаратів, теорії автоматичного керування, мікропроцесорної техніки, світлових приладів, електротехнічних пристроїв світлотехнічних систем.

1.3. НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНА ЛІТЕРАТУРА

Для успішного самостійного засвоєння дисципліни студенту рекомендується користуватися навчально-методичною літературою, список якої наведено нижче.

Основна література:

Л.1. – Колонтаєвський Ю.П., Сосков А.Г. Електроніка та мікросхемотехніка: Підручник / За ред. А. Г. Соскова. – К.: Каравела, 2006. – 384 с.

Л. 2. – Колонтаєвський Ю.П., Сосков А.Г. Промислова електроніка та мікросхемотехніка: теорія і практикум: Навч. посібник / За ред. А. Г. Соскова. 2-е вид. – К.: Каравела, 2004. – 432 с.

Додаткова література:

Л.3. –А. Г. Сосков, И.А. Соскова. Полупроводниковые аппараты: коммутация, управление, защита: Учебник / Под ред. А.Г. Соскова. – К.: Каравелла, 2005. – 344 с.

Л.4. - Горбачев Г.М., Чаплыгин Е.В. Промышленная электроника. -М.: Энергоатомиздат, 1988. - 319 с.

Методична література

М.1. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з промислової електроніки і мікросхемотехніки. Підсилювальні пристрої. Укл.: Сосков А.Г., Колонтаєвський Ю.П., Білоусов О.Ф., Форкун Я.Б., Рак Н.О. – Харків: ХНАМГ, 2006. – 60 с.

М.2. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з промислової електроніки і мікросхемотехніки. Імпульсні та цифрові пристрої. Укл.: Сосков А.Г., Колонтаєвський Ю.П., Білоусов О.Ф., Форкун Я.Б., Рак Н.О. – Харків: ХНАМГ, 2006. – 58 с.

М.3. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з промислової електроніки і мікросхемотехніки. Перетворювальні пристрої. Укл.: Сосков А.Г., Колонтаєвський Ю.П., Білоусов О.Ф., Форкун Я.Б., Рак Н.О. – Харків: ХНАМГ, 2006. – 60 с.

М.4. Методичні вказівки до виконання курсових робіт з промислової електроніки. Укл.: Сосков А.Г., Колонтаєвський Ю.П. – Харків: ХНАМГ, 2006. – 90 с.

РОЗДІЛ 2.

МОДУЛЬ 1. ІНФОРМАЦІЙНА ЕЛЕКТРОНІКА

Інформаційна електроніка складає основу електронно-обчислювальної, інформаційно-вимірювальної техніки та пристроїв автоматики. До неї належать електронні пристрої одержання, опрацювання та зберігання інформації, пристрої керування різними об'єктами та технологічними установками.

Модуль 1 складається з чотирьох змістових модулів (ЗМ). Нижче наведено зміст самостійної роботи по кожному з цих модулів.

2.1. ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1.1

ВСТУП. ЕЛЕМЕНТИ І ВУЗЛИ НАПІВПРОВІДНИКОВИХ СХЕМ

План-графік самостійного вивчення змістового модуля 1.1 наведений у табл. 2.1.

Після вивчення ЗМ 1.1 студент повинен знати:

- 1) що таке р-n перехід і його властивості;
- 2) принцип дії, основні параметри та характеристики напівпровідникових діодів, біполярних та польових транзисторів, різновидів тиристорів, області їх застосування;
- 3) елементарні положення процесу підсилення потужності електричного сигналу.

Залікові запитання

- 1) Поясніть механізм електропровідності напівпровідників.
- 2) Проаналізуйте процеси в електронно-дірковому переході.
- 3) Дайте оцінку основним властивостям електронно-діркового переходу при прямому та зворотному вмиканні.
- 4) Наведіть класифікацію напівпровідникових приладів. Вкажіть основні параметри та характеристики напівпровідникових діодів.
- 5) Поясніть будову й принцип дії біполярних транзисторів.
- 6) Проаналізуйте статичні ВАХ біполярних транзисторів при різних схемах вмикання.
- 7) Дайте оцінку основним режимам роботи біполярних транзисторів. Складені транзистори, одноперхідний транзистор.
- 8) Польові транзистори. Загальні відомості. Поясніть принцип дії транзисторів з керуючим р-n переходом та каналом n-типу.

Таблиця 2.1 - План-графік самостійного вивчення змістового модуля 1.1.

Вступ. Елементи й вузли напівпровідникових схем

Номер тижня	Номер навчального елемента	Питання, що вивчаються у змістовому модулі	Аудиторні навчальні заняття		Індивідуальні завдання		Самостійна робота студентів		Форма контролю
			Лекції (год.)	ЛР (год.)	РГР	Обсяг (год.)	Навчально-методична література	Обсяг (год.)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	Короткий вступ, роль дисципліни в системі освіти бакалавра-електрика. Місце електроніки і її значення в розвитку народного господарства України. Короткі відомості з історії електроніки та сучасні напрямки її розвитку.		ЛР1 4			Л1. Вступ С.10-17 Л2 Вступ С.9-16	1	Опитування по заліковим запитанням та опитування при прийомі лабораторних робіт
	2	Напівпровідники. Фізичні основи роботи напівпровідникових приладів. Загальні відомості. Фізичні основи роботи електронно-діркового переходу (р-п переходу).	2				Л1 §1.1-1.2 С.17-23 Л2 §1.1-1.2 С.19-23	2	
2	3	Класифікація напівпровідникових приладів. Характеристики, параметри й області застосування. Напівпровідникові резистори. Напівпровідникові діоди. р-п перехід, його властивості і ВАХ. Типи діодів: випрямні, імпульсні, тунельні діоди, стабілітрони, варикапи.	1				Л1 §2.1-2.2 С.24-30 Л2 §2.1-2.2 С.23-28	3	

Продовження табл. 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2		Біполярні транзистори. Будова і принцип дії. Схеми заміщення, характеристики, режими роботи й області застосування біполярних транзисторів. Біполярний транзистор як активний чотириполіусник (h-параметри). Складені транзистори.	1	ЛР2 4			Л1 §2.4-2.5 С.30-53 Л2 §2.4-2.5 С.28-52 М1С.4-6	7	Опитування по залікових запитаннях та опитування при прийомі лабораторних робіт
3		Польові транзистори. Будова і принцип дії транзисторів з р-п переходом. СІТ-транзистори, МДН-транзистори. Характеристики й області застосування польових транзисторів. Біполярні транзистори з ізольованим затвором (IGBT-транзистори) і перспективи їх застосування	1						
4		Тиристори: принцип дії, різновиди (диністори, триністори, симістори, двоопераційні тиристори). Особливості комутації в ланцюгах постійного і змінного струму. Області застосування тиристорів. Двоопераційні тиристори (GTO-тиристори, GCT-тиристори), їх застосування. Фототиристори. Найпростіші оптрони (транзисторний, тиристорний).	2				Л1 §2.4-2.5 С.30-53 Л2 §2.4-2.5 С.28-52 М1 С.4-6	5	
		Інтегральні мікросхеми та їх різновиди: характеристики, області застосування. Техніко-економічні переваги мікроелектроніки.	1				Л1 §2.7 С.65-70 Л2 §2.7 С.61-65 М1С.4-6	2	
		Газорозрядні, низьковольтні вакуумні напівпровідникові та рідинно-кристалеві індикатори та їх застосування.					Л4 §2.7 С.65-70	2	

- 9) Дайте стислу характеристику польових транзисторів з ізольованим затвором (МДН-транзисторам).
- 10) СІТ-транзистори, біполярні транзистори з ізольованим затвором (БТІЗ). Дайте стислу характеристику.
- 11) Поясніть механізм перемикання диністорів. Вкажіть їхні основні характеристики.
- 12) Поясніть принцип дії, характеристики й основні параметри тиристорів.
- 13) Спеціальні типи тиристорів (симістори, двохопераційні тиристори, фототиристори, оптронні тиристори). Дайте стислий аналіз їх характеристик.
- 14) Дайте стислу характеристику електростатичних тиристорів і запірних тиристорів з МОН-керуванням (GCT-тиристори).
- 15) Дайте стислу характеристику інтегральних мікросхем (гібридних і напівпровідникових). Вкажіть їхні основні переваги.

Після вивчення ЗМ 1.1 максимальний процент набраних балів складає 13%. При цьому студент повинен засвоїти теоретичний матеріал модуля у повному обсязі, виконати й захистити лабораторні роботи № 1, 2.

2.2. ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1.2.

ПІДСИЛЮВАЧІ НАПРУГИ ЗМІННОГО СТРУМУ

План-графік самостійного вивчення змістового модуля 1.2 наведено у табл. 2.2.

Після вивчення ЗМ студент повинен знати:

- 1) класифікацію підсилювачів, їхні основні параметри і характеристики;
- 2) схеми, принцип дії та методи розрахунку каскадів попереднього підсилення напруги змінного струму;
- 3) багатокаскадні підсилювачі: схеми, принцип дії, методи розрахунку;
- 4) області застосування підсилювачів напруги змінного струму.

Залікові запитання

- 1) Підсилювачі. Наведіть загальні відомості про них і дайте класифікацію.
- 2) Вкажіть основні параметри та характеристики підсилювачів та проаналізуйте роботу підсилюючого каскаду зі спільним колектором (СК).
- 3) Проаналізуйте класи (режими) роботи підсилювачів та роботу підсилюючого каскаду зі спільною базою (СБ).
- 4) Покажіть і проаналізуйте основні принципи будови підсилювачів.
- 5) Кола зміщення підсилювачів. Покажіть їх необхідність і проаналізуйте роботу.
- 6) Проаналізуйте роботу кіл температурної стабілізації режиму спокою підсилювачів.
- 7) Проаналізуйте роботу підсилюючого каскаду з СЕ.
- 8) Проаналізуйте роботу підсилюючих каскадів з СК (емітерного повторювача) і з СБ.
- 9) Проаналізуйте роботу підсилюючого каскаду з СВ.
- 10) Поясніть, для чого застосовують зворотні зв'язки в підсилювачах.
- 12) Доведіть, в яких випадках необхідно застосовувати багатокаскадні підсилювачі. Проаналізуйте роботу підсилювачів з резистивно-ємнісними зв'язками.
- 13) Проаналізуйте роботу та призначення багатокаскадних підсилювачів з трансформаторними зв'язками.
- 14) Проаналізуйте роботу безтрансформаторних вихідних каскадів підсилення.

Після вивчення ЗМ 1.2 максимальний процент набраних балів складає 6%. При цьому студент повинен засвоїти теоретичний матеріал модуля у повному обсязі, виконати й захистити лабораторні роботи № 3, 4.

Таблиця 2.2 - План-графік самостійного вивчення змістового модуля 1.2.

Підсилювачі напруги змінного струму

Номер тижня	Номер навчального елемента	Питання, що вивчаються у змістовому модулі	Аудиторні навчальні заняття		Індивідуальні завдання		Самостійна робота студентів		Форма контролю
			Лекції (год.)	ЛР (год.)	РГР	Обсяг (год.)	Навчально-методична література	Обсяг (год.)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	1	Загальні відомості. Класифікація підсилювачів, основні параметри та характеристики. Принцип будови підсилювачів і основні режими роботи. Кола зміщення і температурної стабілізації підсилювачів.	2	ЛР3 4	РГР1	14	Л1 §3.1-3.7 С.71-82 Л2 §3.1-3.7 С.67-78 М1С.6-31	2	Опитування по залікових запитаннях та опитування при прийомі лабораторних робіт
6	2	Каскади попереднього підсилення на біполярних і польових транзисторах. Схеми, принцип дії, методи розрахунку, зворотні зв'язки у підсилювачах.	2				Л1 §3.7-3.8 С.82-99 Л2 §3.7-3.8 С.78-96 М1С.6-31	2	
7, 8	3	Багатокаскадні підсилювачі. Багатокаскадні підсилювачі з резистивно-ємнісними міжкаскадними зв'язками, та з трансформаторними зв'язками. Безтрансформаторні вихідні каскади підсилення. Схеми й принцип дії, методи розрахунку.	4	ЛР4 4			Л1 §3.9 С.99-110 Л2 §3.9 С.96-108 М1С.32-45	2	

2.3. ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1.3. ПІДСИЛЮВАЧІ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

План-графік самостійного вивчення змістового модуля 1.3 наведений у табл. 2.3.

Після вивчення ЗМ студент повинен знати:

- 1) області застосування підсилювачів постійного струму;
- 2) основні параметри та характеристики підсилювачів постійного струму;
- 3) основні типи підсилювачів постійного струму на біполярних транзисторах;
- 4) будова і властивості операційних підсилювачів;
- 5) типові електронні пристрої на операційних підсилювачах.

Залікові запитання

- 1) Поясніть, які проблеми виникають при підсиленні сигналів напруги постійного струму?
- 2) Вкажіть основні особливості будови підсилювачів постійного струму.
- 3) Дайте загальну характеристику операційних підсилювачів (ОП).
- 4) Наведіть основні параметри і характеристики ОП.
- 5) Проаналізуйте роботу підсилювачів прямого підсилення.
- 6) Проаналізуйте роботу балансних підсилювачів постійного струму (ППС).
- 7) Проаналізуйте роботу диференційних ППС і підсилювачів з подвійним перетворенням.
- 8) Проаналізуйте роботу інвертуючих і неінвертуючих підсилювачів на ОП.
- 9) Проаналізуйте роботу інвертуючого суматора, інтегратора та диференціатора на ОП.

Після вивчення ЗМ 1.3 максимальний процент набраних балів складає 20 %. При цьому студент повинен засвоїти теоретичний матеріал модуля у повному обсязі, виконати й захистити лабораторні роботи № 5, 6 та РГР 1.

Таблиця 2.1 - План-графік самостійного вивчення змістового модуля 1.3.

Підсилювачі постійного струму

Номер тижня	Номер навчального елемента	Питання, що вивчаються у змістовому модулі	Аудиторні навчальні заняття		Індивідуальні завдання		Самостійна робота студентів		Форма контролю
			Лекції (год.)	ЛР (год.)	РГР	Обсяг (год.)	Навчально-методична література	Обсяг (год.)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
9	1	Амплітудно-частотна характеристика. Дрейф нуля. Безпосередній зв'язок у підсилювачах постійного струму і його особливості. Підсилювачі прямого підсилення	1	ЛР5 2			Л1 §4.1-4.3 С.111-116 Л2 §4.1-4.3 С.108-113	2	Опитування по залікових запитаннях та опитування при прийомі лабораторних робіт, опитування при захисті РГР 1
	2	Диференціальні підсилюючі каскади, схеми, принцип дії, основні співвідношення. Підсилювачі з подвійним перетворенням.	1				Л1 §4.4-4.5 С.116-117 Л2 §4.4-4.5 С.113-114 М1С.32-44	2	
10	3	Операційні підсилювачі: будова, параметри, схема заміщення та основні характеристики. Електронні пристрої на операційних підсилювачах: інвертуючий та неінвертуючий підсилювач; інтегруючий та диференціюючий підсилювач; підсилювач змінного струму з однополярним живленням. Прецизійний випрямляч (схеми, принцип дії, розрахунок).	2	ЛР6 2			Л1 §4.6 С.117-135 Л2 §4.6 С.114-129 М1С.45-56	2	

2.4. ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1.4. ІМПУЛЬСНІ ПРИСТРОЇ ТА ОСНОВИ БУДОВИ ЦИФРОВОЇ ТЕХНІКИ

План-графік самостійного вивчення змістового модуля 1.4 наведено у табл. 2.4.

Після вивчення ЗМ 1.4 студент повинен знати:

- 1) загальні відомості про імпульсні пристрої;
- 2) параметри імпульсів та імпульсної послідовності;
- 3) переваги імпульсних режимів порівняно з безперервними режимами;
- 4) найпростіші схеми формування імпульсів та типи електронних ключів;
- 5) області застосування та режими роботи мультивібраторів;
- 6) схеми мультивібраторів на біполярних транзисторах і на операційних підсилювачах, області їх застосування;
- 7) загальні відомості про тригери та області їх застосування;
- 8) принцип дії цифрових мікроелектронних пристроїв та області їх застосування;
- 9) мікропроцесорні пристрої: загальні поняття і структура; особливості роботи і використання мікропроцесора.

Залікові запитання

- 1) Дайте загальну характеристику імпульсних пристроїв. Вкажіть основні параметри імпульсних сигналів і проаналізуйте найпростіші схеми формування імпульсів.
- 2) Проаналізуйте основні режими роботи мультивібраторів, вкажіть їх області застосування. Поясніть роботу мультивібратора на операційних підсилювачах у чекаючому режимі.
- 3) Проаналізуйте роботу одновібратора з колекторно-базовими зв'язками. Наведіть основні розрахункові співвідношення.
- 4) Проаналізуйте роботу мультивібратора з колекторно-базовими зв'язками у автоколивальному режимі. Наведіть основні розрахункові співвідношення.
- 5) Охарактеризуйте роботу мультивібраторів на операційних підсилювачах в автоколивальному режимі. Наведіть основні розрахункові співвідношення.

- 6) Охарактеризуйте роботу мультівібраторів на операційних підсилювачах у чекаючому режимі. Наведіть основні розрахункові співвідношення.
- 7) Проаналізуйте роботу блокінг-генератора у автоколивальний режимі.
- 8) Проаналізуйте роботу двотактного блокінг-генератора.
- 9) Проаналізуйте основні логічні функції і вкажіть логічні елементи, що їх реалізують.
- 10) Алгебра логіки. Дайте загальну характеристику. Запишіть основні тотожності.
- 11) Тригери: Дайте загальну характеристику; проаналізуйте роботу тригерів на логічних елементах (RS-тригер, D-тригер, Т-тригер, JK-тригер).
- 12) Проаналізуйте будову і роботу мультівібраторів та одновібраторів на логічних елементах і тригерах.
- 13) Дайте загальну характеристику цифрових логічних пристроїв мікроелектроніки. Поясніть принципи будови лічильників імпульсів.
- 14) Дайте загальну характеристику регістрів, дешифраторів, мультиплексорів. Наведіть приклади їх застосування.
- 15) Проаналізуйте будову і принцип дії цифро-аналогових (ЦАП) і аналогово-цифрових (АЦП) перетворювачів.

Після вивчення ЗМ 1.4 максимальний процент набраних балів складає 20% .При цьому студент повинен засвоїти теоретичний матеріал модуля в повному обсязі, виконати й захистити лабораторні роботи № 7 – 9.

Таблиця 2.4 - План-графік самостійного вивчення змістового модуля 1.4.

Імпульсні пристрої та основи будови цифрової техніки

Номер тижня	Номер навчального елемента	Питання, що вивчаються у змістовому модулі	Аудиторні навчальні заняття		Індивідуальні завдання		Самостійна робота студентів		Форма контролю
			Лекції (год.)	ЛР (год.)	РГР	Обсяг (год.)	Навчально-методична література	Обсяг (год.)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11, 12	1	Загальні відомості про імпульсні пристрої. Параметри імпульсів. Ключовий режим роботи біполярних транзисторів та операційних підсилювачів. Електронні ключі й найпростіші схеми формування імпульсів. Компаратори. Тригер Шмітта. Мультивібратори. Генератори лінійно змінюваної напруги. Блокінг-генератори. Двотактовий блокінг-генератор. Схеми, принцип роботи, розрахунок, області застосування.	4	ЛР7 4			Л1 §5.7-5.9 С.136-158 Л2 §5.7-5.9 С.131-154 М2 С.6-23	10	Опитування по залікових запитаннях та опитування при прийомі лабораторних робіт.
13, 14	2	Алгебра логіки. Реалізація простих логічних функцій. Логічні елементи. Тригери. Загальні відомості про тригери та їх призначення. Тригери на біполярних транзисторах. Тригери на логічних елементах (RS-, D-, T-, JK-тригер). Схеми, аналіз роботи, область застосування.	4	ЛР8 4			Л1 §6.1-7.3 С.159-175 Л2 §6.1-7.3 С.155-171 М2 С.6-23	10	

Продовження табл. 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
15-16	3	<p>Цифрові мікроелектронні пристрої. Поняття про цифрові мікроелектронні пристрої. Реалізація складних логічних функцій.</p> <p>Дешифратори. Мультиплексори. Лічильники імпульсів. Регістри. Цифро-аналогові і аналого-цифрові перетворювачі. Мультивібратори і одновібратори на логічних елементах і тригерах. Будова і аналіз роботи, область застосування.</p> <p>Арифметичні пристрої (суматори, напівсуматори, субтрактори). Множення і ділення двійкових багаторозрядних чисел.</p>	4	ЛР9 4			<p>Л1 §8.1-8.9 С.176-198 Л2 §8.1-8.9 С.172-189 М2 С.24-40</p>	12	Опитування по залікових запитаннях та опитування при прийомі лабораторних робіт.
17-18	4	<p>Мікропроцесорні пристрої. Загальні поняття і структура. Особливості роботи і використання мікропроцесора. Завдання і виконання програм мікропроцесорного пристрою. Програмовані логічні контролери.</p>	4				<p>Л1 §8.10 С.198-214 Л2 §8.10 С.189-206 М2 С.40-56</p>	12	

РОЗДІЛ 3

МОДУЛЬ 2. ЕНЕРГЕТИЧНА ЕЛЕКТРОНІКА

Енергетична електроніка займається перетворенням електричної енергії та пристроями і системами перетворення електричної енергії середньої та великої потужності. Сюди належать перетворювачі змінного струму в постійний (випрямлячі), постійного струму в змінний (інвертори), перетворювачі частоти, регулятори і т.п.

Модуль 2 складається з чотирьох змістових модулів. Нижче наведено зміст самостійної роботи по кожному з цих модулів.

3.1. ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2.1. ПЕРЕТВОРЮВАЛЬНІ ПРИСТРОЇ. ВИПРЯМЛЯЧІ

План-графік самостійного вивчення змістового модуля 2.1 наведено в табл. 3.1.

Після вивчення ЗМ 2.1 студент повинен знати:

- 1) загальні відомості та класифікацію випрямлячів, їхні експлуатаційні параметри й характеристики;
- 2) будову, принцип дії одно- та трифазних випрямлячів, основні розрахункові співвідношення;
- 3) експлуатаційні параметри й характеристики керованих випрямлячів;
- 4) основні поняття про згладжуючі фільтри, їх класифікацію;
- 5) принцип роботи стабілізаторів напруги та струму;
- 6) особливості роботи керованих випрямлячів на активне й активно-індуктивне навантаження;
- 7) області застосування і принцип роботи систем імпульсно-фазового керування (СІФК) з горизонтальним, вертикальним і цифровим керуванням.

Залікові запитання

- 1) Дайте загальну характеристику випрямлячів, наведіть їх класифікацію.
- 2) Проаналізуйте роботу однофазних двопівперіодних схем випрямлячів при активному навантаженні (схема з нульовим виводом).
- 3) Проаналізуйте роботу однофазних двопівперіодних схем випрямлячів при активному навантаженні (мостова схема).
- 4) Проаналізуйте роботу трифазного випрямляча з нульовим виводом при активному навантаженні (схема Міткевича).

Таблиця 3.1 - План-графік самостійного вивчення змістового модуля 2.1.

Перетворювальні пристрої. Випрямлячі

Номер тижня	Номер навчального елемента	Питання, що вивчаються у змістовому модулі	Аудиторні навчальні заняття		Індивідуальні завдання		Самостійна робота студентів		Форма контролю
			Лекції (год.)	ЛР (год.)	РГР	Обсяг (год.)	Навчально-методична література	Обсяг (год.)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1, 3	1	Некеровані випрямлячі. Загальні відомості та класифікація. Експлуатаційні параметри і характеристики випрямлячів. Робота однофазних і трифазних випрямлячів на активне навантаження. Аналіз роботи, розрахунок. Згладжуючі фільтри. Основні поняття про фільтри. Робота однофазних випрямлячів на активно-ємнісне та активно-індуктивне навантаження. Зовнішні характеристики випрямлячів.	2 2	ЛР10 4	РГР 2.1	10	Л1 §9.1-9.7 С.214-243 Л2 §9.1-9.7 С.206-235 М3 С.6-27	4	Опитування по залікових запитаннях та опитування при прийомі лабораторних робіт, при захисті РГР 2.1.
5	2	Стабілізатори напруги. Параметричні та компенсаційні стабілізатори. Стабілізатори струму. Індуктивно-ємнісні перетворювачі (схеми Бушера). Аналіз роботи, розрахунок.	2	ЛР11 4			Л1 §9.8-9.9 С.243-251 Л2 §9.8-9.9	4	
7	3	Керовані випрямлячі. Методи і пристрої регулювання напруги постійного струму. Імпульсні методи регулювання (широтно-імпульсний, частотно-імпульсний, комбінаційний та фазово-імпульсний). Робота керованих випрямлячів на активне та активно-індуктивне навантаження.	2				Л1 §9.10 С.251-262 Л2 §9.10 М3 С.6-27	6	
9	3	Системи імпульсно-фазового керування (СІФК). СІФК з горизонтальним і вертикальним керуванням. Будова типових вузлів СІФК з вертикальним керуванням. СІФК з цифровим керуванням. Приклади реалізації СІФК.	2	ЛР12 2			Л2§9.11-9.13 С.262-277 Л2§9.11-9.13	3	

- 5) Проаналізуйте роботу трифазного мостового випрямляча при активному навантаженні (схема Ларіонова).
- 6) Дайте стислу характеристику основних типів пасивних згладжуючих фільтрів. Наведіть особливості роботи фільтрів.
- 7) Проаналізуйте роботу однофазних двопівперіодних схем випрямлячів на активно-індуктивне навантаження.
- 8) Проаналізуйте роботу однофазних двопівперіодних схем випрямлячів на активно-ємнісне навантаження.
- 9) Дайте загальну характеристику стабілізаторів напруги. Проаналізуйте специфіку роботи параметричних стабілізаторів.
- 10) Дайте загальну характеристику стабілізаторів постійного струму. Наведіть схему компенсаційного стабілізатора, поясніть призначення його елементів і принцип дії.
- 11) Проаналізуйте роботу індуктивно-ємнісних перетворювачів (схеми Бушєро).
- 12) Вкажіть методи регулювання напруги постійного струму і проаналізуйте їх.
- 13) Проаналізуйте роботу однофазного двопівперіодного керованого випрямляча з нульовим виводом при активному та активно-індуктивному навантаженні.
- 14) Дайте загальну характеристику і вкажіть призначення систем імпульсно-фазового керування (СІФК), проаналізуйте роботу системи імпульсно-фазового керування з горизонтальним керуванням.
- 15) Проаналізуйте системи імпульсно-фазового керування з вертикальним і цифровим керуванням.
- 16) Проаналізуйте роботу та наведіть схему генератора лінійно-змінюваної напруги.
- 17) Проаналізуйте роботу і наведіть схеми вузла порівняння та імпульсного підсилювача потужності.
- 18) Наведіть приклади реалізації системи імпульсно-фазового керування (СІФК), вкажіть області їх застосування.

Після вивчення ЗМ 2.1 максимальний процент набраних балів складає 50%. При цьому студент повинен засвоїти теоретичний матеріал модуля у повному обсязі, виконати й захистити лабораторні роботи № 10, 11 та РГР 2.1.

3.2. ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2.2. ПЕРЕТВОРЮВАЛЬНІ ПРИСТРОЇ. РЕГУЛЯТОРИ (ПЕРЕРИВАЧІ) ЗМІННОГО СТРУМУ Й ІНВЕРТОРИ

План-графік самостійного вивчення змістового модуля 2.2 наведений в табл. 3.2.

Після вивчення ЗМ 2.2 студенти повинні знати:

- 1) загальні відомості та класифікацію регуляторів;
- 2) будову схем, аналіз роботи, розрахунок регуляторів;
- 3) призначення схем запуску керованих напівпровідникових приладів в електронних ключах;
- 4) основні варіанти схем запуску тиристорів (симісторів);
- 5) призначення і класифікацію автономних інверторів;
- 6) будову і аналіз роботи інверторів напруги на повністю керованих елементах;
- 7) області застосування інверторів з використанням мікроелектронних пристроїв;
- 8) схему трифазного інвертора напруги та принцип його роботи;
- 9) інвертор, ведений мережею, його призначення;
- 10) вплив вентильних перетворювачів на мережу;
- 11) поняття про електромагнітну сумісність;
- 12) керовані джерела реактивної потужності.

Залікові запитання

- 1) Дайте загальну характеристику регуляторів і наведіть їх класифікацію, проаналізуйте роботу різних схем силової частини однофазних регуляторів змінного струму при активному навантаженні.
- 2) Проаналізуйте роботу схем силової частини однофазних регуляторів змінного струму при активно-індуктивному навантаженні.
- 3) Наведіть і проаналізуйте найбільш розповсюджені варіанти силових схем вмикання трифазних симетричних регуляторів змінного струму.
- 4) Вкажіть області застосування різних схем запуску керованих напівпровідникових приладів у регуляторах напруги. Дайте короткий аналіз цих схем.
- 5) Дайте загальну характеристику автономних інверторів, наведіть їх класифікацію та призначення, проаналізуйте роботу однофазних інверторів струму.

Таблиця 3.2 - План-графік самостійного вивчення змістового модуля 2.2.

Перетворювальні пристрої. регулятори (переривачі) змінного струму й інвертори

Номер тижня	Номер навчального елемента	Питання, що вивчаються у змістовому модулі	Аудиторні навчальні заняття		Індивідуальні завдання		Самостійна робота студентів		Форма контролю
			Лекції (год.)	ЛР (год.)	РГР	Обсяг (год.)	Навчально-методична література	Обсяг (год.)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	1	Регулятори: загальні відомості та класифікація. Однофазні й тиристорні регулятори змінного струму за роботи на активне та активно-індуктивне навантаження. Будови схем, аналіз роботи, розрахунок. Схеми запуску керованих напівпровідникових приладів у регуляторах.	2	ЛР12 2	РГР 2.2	5	Л1 §10.1-10.4 С.280-308 Л2 §10.1-10.4 С.270-300 М3 С.28-42	2	Опитування по залікових запитаннях та опитування при прийомі лабораторних робіт, при захисті РГР 2.2.
13	2	Автономні інвертори: призначення і класифікація. Однофазний інвертор струму. Півмостовий однофазний інвертор струму. Інвертори напруги на повністю керованих напівпровідникових приладах, ведені мережею. Будова, аналіз роботи, розрахунок. Приклади застосування інверторів з використанням мікроелектронних пристроїв.	2	ЛР13 4			Л1 §11.1-11.3 С.309-331 Л2 §11.1 С.300-324 М3 С.28-42	2	
15	3	Вплив вентильних перетворювачів на мережу. Електромагнітна сумісність. Загальні відомості про коефіцієнт потужності вентильних перетворювачів та основні шляхи його зниження. Некеровані джерела реактивної потужності.	1				Л1 §12.1-12.3 С.332-344	2	
		Керовані джерела реактивної потужності. Принцип керування параметрами змінного струму у чотириквadrантних перетворювачах з імпульсною модуляцією. Регулювання реактивної потужності (силові активні фільтри). Регульований повний опір. Комбінований фільтр змінного струму.	1	Л1 §12.4 С.344-361	2				

- 6) Проаналізуйте роботу півмостового однофазного інвертора напруги.
- 7) Проаналізуйте роботу інверторів напруги на повністю керованих напівпровідникових приладах при активному й активно-індуктивному навантаженні.
- 8) Проаналізуйте роботу випрямлячів з багатократним перетворенням.
- 9) Проаналізуйте вплив перетворювальних пристроїв на мережу.
- 10) Проаналізуйте роботу і вкажіть призначення інверторів, ведених мережею.
- 11) Наведіть приклади застосування інверторів з використанням мікроелектронними пристроями керування.
- 12) Дайте загальну характеристику електромагнітній сумісності й проаналізуйте основні шляхи зниження коефіцієнта потужності вентиляльних перетворювачів.
- 13) Наведіть приклади некерованих джерел реактивної потужності й проаналізуйте їх роботу.
- 14) Проаналізуйте принцип керування параметрами змінного струму у чотирикватратних перетворювачах модуляцією.

Після вивчення ЗМ 2.2 максимальний процент набраних балів складає 50%. При цьому студент повинен засвоїти теоретичний матеріал модуля у повному обсязі, виконати й захистити лабораторні роботи № 12, 13 та РГР 2.2.

РОЗДІЛ 4

ЗАДАЧІ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ

Нижче наведено типові задачі, що дозволяють глибше вивчити теоретичний матеріал, представлений в модулях 1 і 2.

ЗАДАЧА № 1

Встановіть значення опорів зворотного зв'язку для інвертуючого (рис. 4.1.1) і неінвертуючого (рис. 4.1.2) підсилювачів, якщо відомо, що опір R_1 дорівнює 1,8 кОм, вхідна напруга $U_{вх}$ складає 10 мВ, а напруга на виході підсилювачів $U_{вих1} = -4,5$ В; $U_{вих2} = 5,5$ В. Знайдіть значення струму $I_{зз}$.

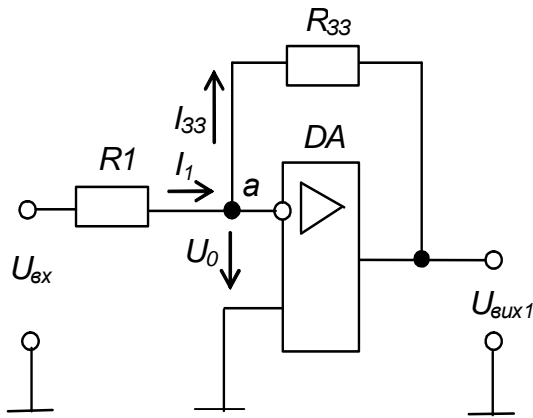


Рис. 4.1.1 - Інвертуючий підсилювач на ОП

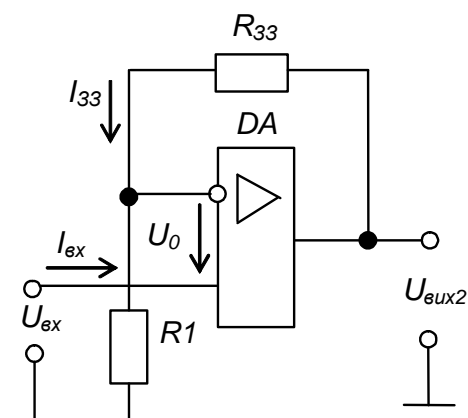


Рис. 4.2.2 - Неінвертуючий підсилювач на ОП

ЗАДАЧА № 2

Визначить частоту коливань f симетричного мультівібратора (рис. 4.2). Знайдіть мінімальне значення базового струму, при якому біполярний транзистор переходить в режим насичення. Вкажіть контур, по якому забезпечується перезаряд конденсатора C_1 . Як зміниться частота мультівібратора, якщо напруга живлення E_k зросте вдвічі? Вихідні дані для розрахунку подано в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Вихідні дані для розрахунку

E_k , В	$C_1=C_2=C$, мкФ	R_k , кОм	R_6 , кОм	$\beta_{ст}$
20	2	2	100	100

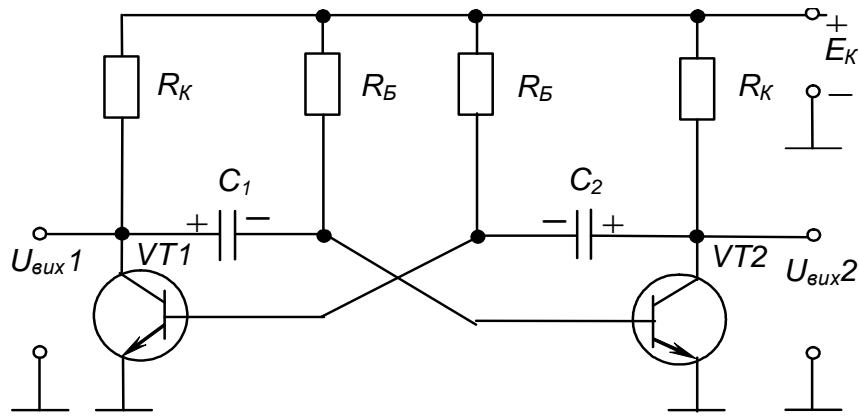


Рис. 4.2

ЗАДАЧА № 3

Визначить частоту коливань f симетричного мультівібратора на ОП (рис. 4.3). Вкажіть контур, по якому забезпечується перезаряд конденсатора C_1 , а також контур зворотного зв'язку. Як зміниться частота мультівібратора, якщо напруга живлення зросте у 2 рази, якщо ємність C_1 зменшиться вдвічі?

Таблиця 4.3 - Вихідні дані для розрахунку

$E_{ж}, В$	$C_1, мкФ$	$R_1, кОм$	$R_2, кОм$	$R, кОм$
10	0,1	39	82	10

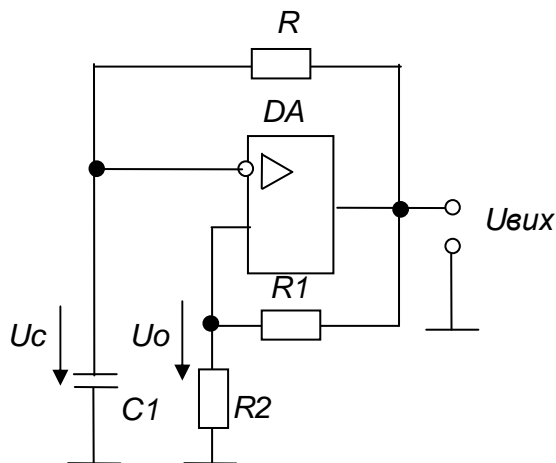


Рис. 4.3

ЗАДАЧА № 4

Визначить тривалість імпульсу, генерованого одновібратором (рис. 4.4), вкажіть контур, по якому забезпечується заряд конденсатора C_1 , покажіть також контур, який забезпечує запуск одновібратора. Як зміниться частота одновібратора, якщо напруга живлення зросте у 2 рази, якщо ємність C_1 зменшиться вдвічі?

Таблиця. 4.4 - Вихідні дані для розрахунку

R , кОм	C_1 , мкФ	R_1 , кОм	R_2 , кОм
12	0,1	100	120

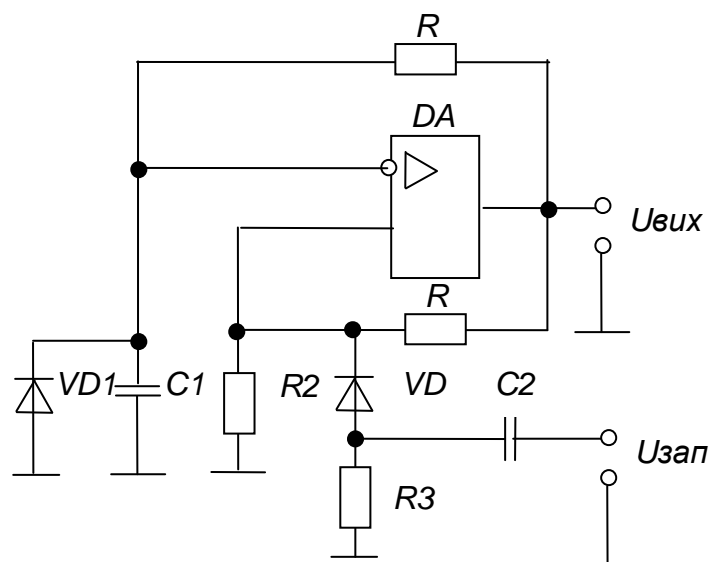


Рис. 4.4

ЗАДАЧА № 5

Логічна функція, що реалізується мультиплексором, схему якого наведено нижче, така:

$$F = Axy + B\bar{x}y + C\bar{x}\bar{y} + Dxy.$$

Наведіть таблицю істинності цього мультиплексора. Скільки входів можна підключити до мультиплексора, що має 3 адресних входи?

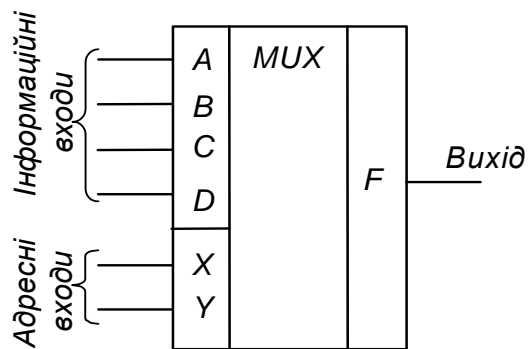


Рис. 4.5

ЗАДАЧА № 6

Запишіть логічну функцію F , на основі якої було реалізовано наступний цифровий пристрій:

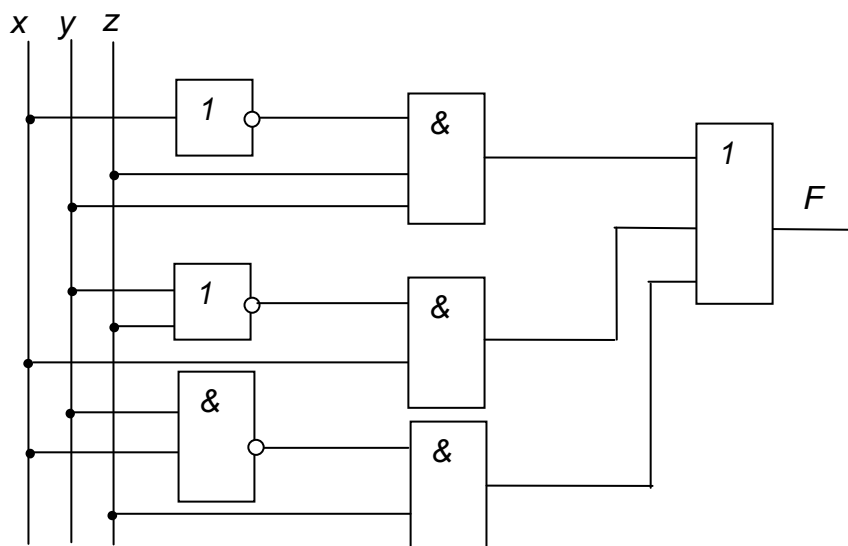


Рис. 4.6

ЗАДАЧА № 7

Синтезуйте схему цифрового пристрою на логічних елементах, що реалізує логічну функцію:

$$F = \overline{\overline{xyz} + x(\overline{y + z}) + \overline{xyz}} .$$

ЗАДАЧА № 8

Визначить необхідні параметри напівпровідникових діодів для випрямляча (рис. 4.8) і виберіть за допомогою табл. 4.8 відповідний тип діода, коли відомо, що в резисторі опір навантаження $R_H = 25 \text{ Ом}$, випрямлений струм $I_d = 2000 \text{ мА}$. Знайдіть також значення коефіцієнта пульсації випрямленої напруги. Встановіть значення коефіцієнта трансформації трансформатора, підімкненого до мережі напругою $U_1 = 220 \text{ В}$ (вважати, що прямий опір діодів $R_{np} = 0$).

Таблиця. 4.8 - Вихідні дані для розрахунку

Параметри діода	Тип діода								
	Д7А	Д202	Д207	Д217	Д226Г	Д242Б	Д302	КД102В	К202Г
$I_{ПР.СР.МАКС}, \text{ мА}$	300	400	100	100	300	5000	1000	100	1000
$U_{ОБР.МАКС.}, \text{ В}$	50	100	200	800	400	100	200	400	100

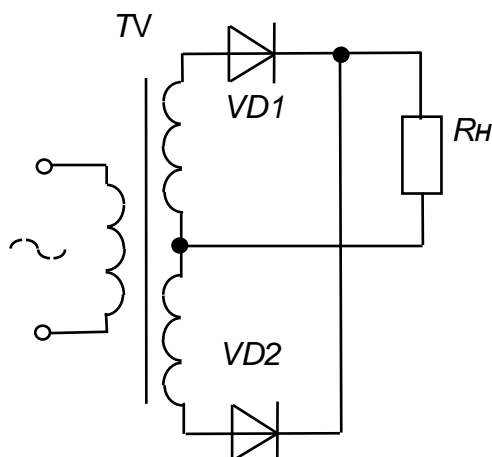


Рис. 4.8

ЗАДАЧА № 9

Визначить необхідні параметри напівпровідникових діодів для випрямляча (рис. 4.9) і виберіть за допомогою табл. 4.9 відповідний тип діода, коли відомо, що опір навантаження $R_H = 25 \text{ Ом}$, випрямлений струм $I_d = 2000 \text{ мА}$. Встановіть також значення коефіцієнта пульсації випрямленої напруги. Знайдіть значення коефіцієнта трансформації трансформатора, підімкненого до мережі напругою $U_1 = 220 \text{ В}$ (вважати, що прямий опір діодів $R_{np} = 0$).

Таблиця 4.9 - Вихідні дані для розрахунку

Параметри діода	Тип діода								
	Д7А	Д202	Д207	Д217	Д226Г	Д242Б	Д302	КД102В	К202Г
$I_{ПР.СР.МАКС}, \text{ мА}$	300	400	100	100	300	5000	1000	100	1000
$U_{ОБР.МАКС.}, \text{ В}$	50	100	200	800	400	100	200	400	100

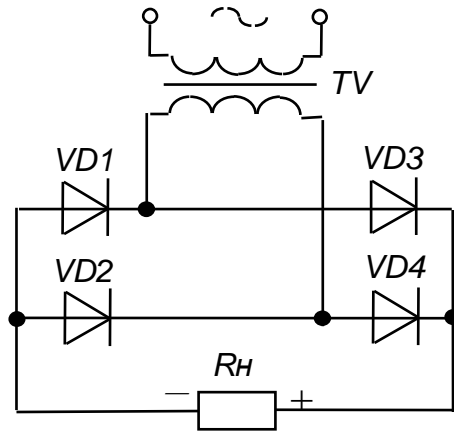


Рис. 4.9

ЗАДАЧА № 10

Визначить необхідні параметри напівпровідникових діодів для випрямляча (рис. 4.10), виберіть за допомогою табл. 4.10 відповідний тип діода, коли відомо, що опір навантаження $R_{\text{н}} = 600 \text{ Ом}$, випрямлений струм $I_d = 75 \text{ мА}$. Встановіть також значення коефіцієнта пульсації випрямленої напруги. Знайдіть значення коефіцієнта трансформації трансформатора, підімкненого до мережі напругою $U_{1л} = 380 \text{ В}$ (вважати, що прямий опір діодів $R_{\text{пр}} = 0$).

Таблиця 4.10 - Вихідні дані для розрахунку

Параметри діода	Тип діода								
	Д7А	Д202	Д207	Д217	Д226Г	Д242Б	Д302	КД102В	К202Г
$I_{ПР.СР.МАКС}, \text{ мА}$	300	400	100	100	300	5000	1000	100	1000
$U_{ОБР.МАКС.}, \text{ В}$	50	100	200	800	400	100	200	400	100

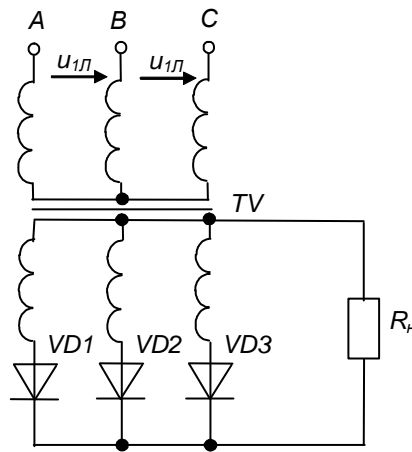


Рис.4.10

ЗАДАЧА № 11

Визначить необхідні параметри напівпровідникових діодів для випрямляча (рис. 1) і виберіть за допомогою табл. 4.11 відповідний тип діода, коли відомо, що в резисторі навантаження опір $R_H = 50 \text{ Ом}$, випрямлений струм $I_d = 1200 \text{ мА}$. Визначить також величину коефіцієнта пульсації випрямленої напруги. Знайдіть значення коефіцієнта трансформації трансформатора, підімкненого до мережі напругою $U_{1Л} = 380 \text{ В}$ (вважати, що прями́й опір діодів $R_{np} = 0$).

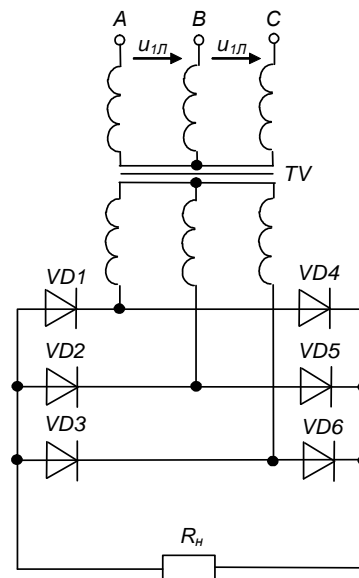


Рис. 4.8

Таблица 4.11 - Выхідні дані для розрахунку

Параметри діода	Тип діода								
	Д7А	Д202	Д207	Д217	Д226Г	Д242Б	Д302	КД102В	К202Г
$I_{ПР.СР.МАКС}, \text{ мА}$	300	400	100	100	300	5000	1000	100	1000
$U_{ОБР.МАКС.}, \text{ В}$	50	100	200	800	400	100	200	400	100

РОЗДІЛ 5

КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ ЗНАНЬ СТУДЕНТІВ

Відповідь студента оцінюється за національною шкалою **«відмінно»** або за шкалою ECTS **«А»**, якщо він при вивченні модуля набрав більше 90 – 100 включно балів і:

- вільно володіє програмним матеріалом;
- послідовно дає логічні відповіді на запитання екзаменаційного білету;
- правильно розв'язав практичну задачу;
- вільно відповідає на додаткові запитання;
- грамотно використовує знання теоретичного матеріалу при розв'язанні практичних задач;
- володіє логічним мисленням;
- вільно застосовує ЕОМ при розв'язанні практичних задач.

Відповідь студента оцінюється **«добре»** або **«В»**, якщо він набрав більше 80 – 90 включно балів і:

- твердо володіє програмним матеріалом;
- грамотно і логічно дає відповіді на запитання екзаменаційного білету;
- при викладенні матеріалу припускається тільки деяких помилок з другорядних запитань;
- правильно відповідає на додаткові запитання;
- правильно розв'язав практичну задачу;
- впевнено працює з ЕОМ.

Відповідь студента оцінюється **«добре»** або **«С»**, якщо він набрав більше 70 – 80 включно балів і:

- твердо володіє програмним матеріалом;
- грамотно й логічно дає відповіді на запитання екзаменаційного білету;
- при викладенні матеріалу припускається помилок з другорядних запитань;
- правильно відповідає на додаткові запитання;
- правильно розв'язав практичну задачу, але допустив помилки у одиницях вимірювання або чисто математичні помилки; вміє використовувати готові програмні матеріали при розв'язанні практичних задач.

Відповідь студента оцінюється **«задовільно»** або **«D»**, якщо він набрав більше 60 – 70 включно балів і:

- твердо володіє основним програмним матеріалом;
- припускає деякі неточності у формулюваннях та виводах основних залежностей;
- невпевнено відповідає на додаткові запитання;
- правильно, але не до кінця розв'язано задачу;
- вміє працювати з ЕОМ.

Відповідь студента оцінюється **«задовільно»** або **«Е»**, якщо він набрав більше 50 – 60 включно балів і:

- недостатньо твердо володіє основним програмним матеріалом;
- допускає неточності при формулюванні основних залежностей;
- не до кінця розв'язано задачу;
- має слабкі навички роботи з ЕОМ.

Відповідь студента оцінюється **«незадовільно з можливістю повторного складання»** або **«FX»**, якщо він набрав більше 25 – 50 включно балів і:

- слабо володіє основним програмним матеріалом;
- допускає грубі помилки при формулюванні, визначенні і виводі основних залежностей;
- на додаткові запитання не відповідає або відповідає невпевнено і неправильно;
- практичну задачу не розв'язано;
- навички роботи з ЕОМ слабкі.

Відповідь студента оцінюється **«незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни»** або **«F»**, якщо він набрав від 0 до 25 включно балів і:

- не володіє основним програмним матеріалом;
- навички роботи з ЕОМ слабкі.

ЗМІСТ

ВСТУП	3
Розділ 1. Мета та завдання дисципліни. Місце дисципліни у навчальному процесі	4
1.1. Мета та завдання дисципліни	4
1.2. Місце дисципліни в структурно-логічній схемі підготовки фахівця	4
1.3. Навчально-методична література	5
Розділ 2. Модуль 1. Інформаційна електроніка	6
2.1. ЗМ 1.1. Вступ. Елементи і вузли напівпровідникових схем	6
2.2. ЗМ 1.2. Підсилювачі напруги змінного струму	10
2.3. ЗМ 1.3. Підсилювачі постійного струму	12
2.4. ЗМ 1.4. Імпульсні пристрої та основи будови цифрової техніки	14
Розділ 3. Модуль 2. Енергетична електроніка	18
3.1. ЗМ 2.1. Перетворювальні пристрої. Випрямлячі	18
3.2. ЗМ 2.2. Перетворювальні пристрої. Регулятори (переривачі) змінного струму та інвертори	21
Розділ 4. Задачі для самостійної підготовки	24
Розділ 5. Критерії оцінки знань студентів	31

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Методичні вказівки до самостійного вивчення дисципліни «**Промислова електроніка**» (для студентів 3 курсу денної і 3 та 4 курсів заочної форм навчання та слухачів другої вищої освіти спеціальності 6.050701 «Електротехніка та електротехнології»).

Укладачі: Сосков Анатолій Георгійович,
Колонтаєвський Юрій Павлович,
Рак Наталія Олегівна

Відповідальний за випуск *А. Г. Сосков*
Редактор *М. З. Аляб'єв*
Коректор *З. І. Зайцева*
Комп'ютерна верстка *Н. О. Рак*

План 2007, поз. 512

Підп. до друку: 05.03.2007	Формат 60x84 1/16
Друк на ризографі	Ум. друк. арк. 1,2
Зам. №	Тираж 150 пр.

Видавець і виготовлювач:
Харківська національна академія міського господарства
вул. Революції, 12, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 731 від 19.12.2001